ORDEM DOS ENGENHEIROS TÉCNICOS

URETEK
SMART GEOTECHNICS

WEBINAR TÉCNICO

Intervenções geotécnicas com injeções de resinas expansivas

Eng.º Ricardo Val de Ovelha

URETEK Portugal

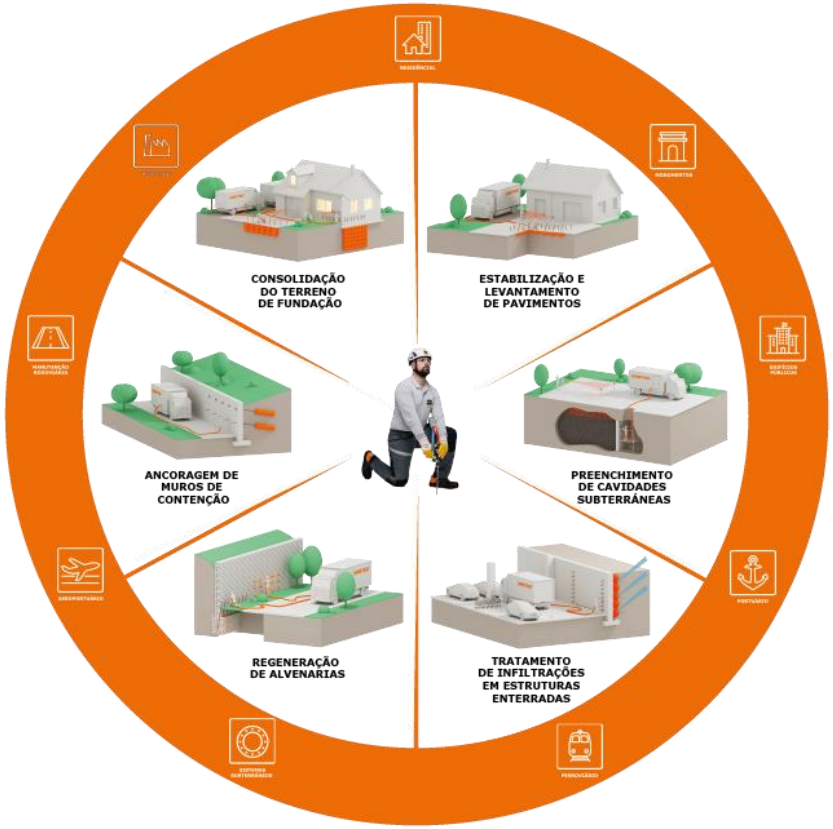
12 de novembro de 2026 · 18h00

Uretek

A Uretek desenvolveu e patenteou um processo de tratamento de terrenos por injeção de resina de poliuretano expansiva, destinado à consolidação e melhoria das características mecânicas do terreno de fundação de estruturas existentes.

O processo atua por compactação em solos granulares e por fraturação controlada em solos finos, com monitorização em tempo real por nível laser, sem escavação e sem interrupção da utilização da estrutura.

Consoante o terreno, as cargas e o estado da estrutura, pode ser uma alternativa ou um complemento às técnicas tradicionais de recalçamento — microestacas, jet grouting ou injeções de calda. Dispõe de Avaliação Técnica do CSTB (Avis Technique 3.3/18-966_V2).



Desde 1990 · mais de 66.000 intervenções · 14 patentes · ISO 9001, 14001 e 45001

Áreas de intervenção

Soluções geotécnicas com injeções de resina expansiva.

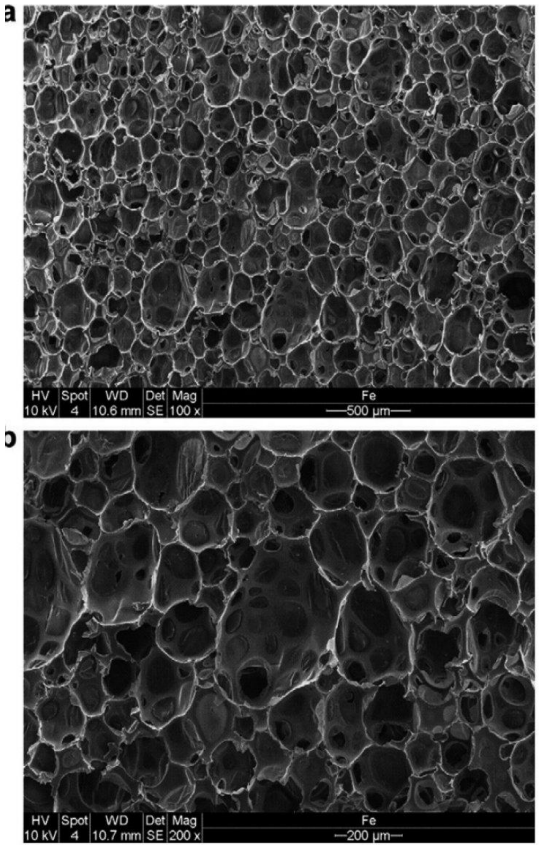


A resina URETEK Geoplus®

Poliuretano bicomponente, termoendurecível, de células fechadas.

Propriedade	Valor
Início da expansão	2 – 5 s
Expansão livre / no solo	até 30× / 2 – 20×
Pressão máx. de expansão	10,2 MPa
Resistência à compressão	0,2 – 6,0 MPa
Módulo de elasticidade	10 – 90 MPa
k do solo injetado	≈ 10^{-10} m/s

Quanto maior o confinamento, maior a densidade final — e maiores a rigidez e a resistência.



Microscópio eletrónico ×100 / ×200

Como funciona a injeção

Tecnologia URETEK Deep Injections®.

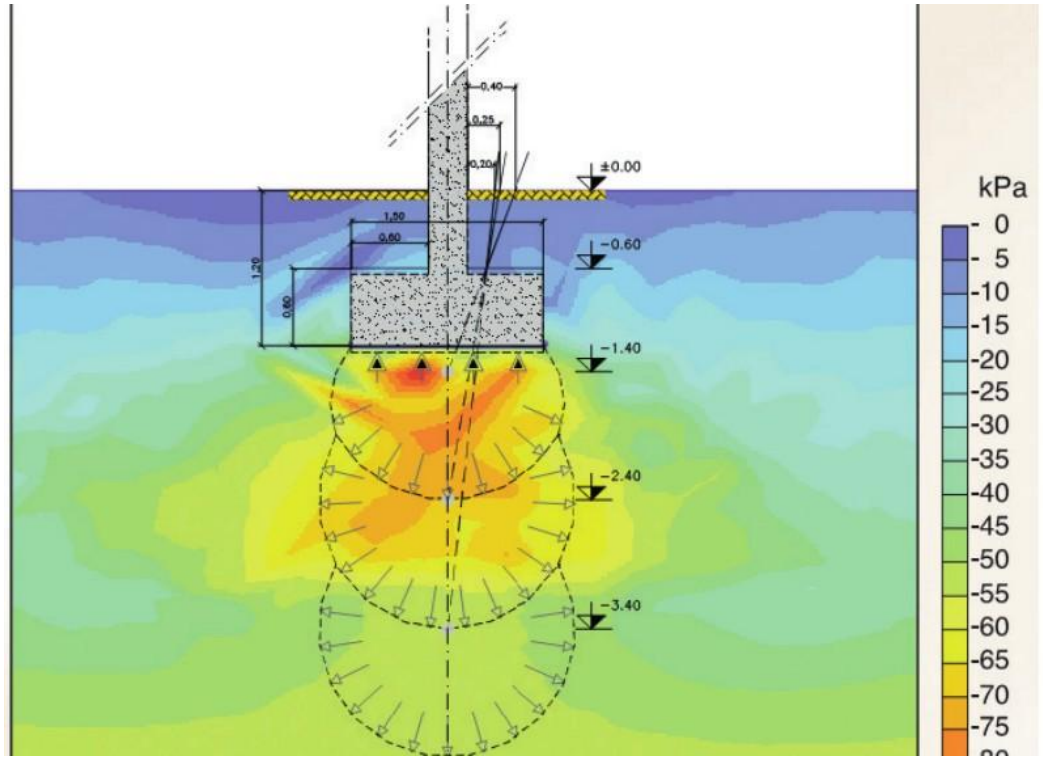


▶ Ver o vídeo: como funciona a injeção

1. **Furação** Ø12–26 mm através da fundação, com espaçamento de 0,5 a 1,5 m
2. **Tubos** de aço Ø6–12 mm à cota de cada nível, até 8 m
3. **Injeção** com a resina ainda líquida, já em expansão: 10–15× em segundos
4. **Compactação** até o solo não aceitar mais redução de volume
5. **Paragem** quando o laser deteta o início do levantamento

Onde se injeta

O tratamento concentra-se no volume de terreno que suporta a carga da fundação.



Acréscimo de tensão sob uma sapata (kPa) e esquema de injeção

O QUE MOSTRA A FIGURA

- As cores indicam a tensão transmitida pela sapata ao terreno: é máxima logo abaixo da fundação (vermelho) e dissipa-se em profundidade
- Esse volume mais solicitado é o bolbo de tensões
- Os círculos tracejados são os níveis de injeção (−1,4, −2,4 e −3,4 m), todos dentro do bolbo; as setas representam a expansão da resina

GEOMETRIA TÍPICA

- 1.º nível na interface solo-fundação, com pontos a cada 0,6–1,0 m
- Níveis seguintes espaçados até 1 m
- Lajes: malha de 1,0 × 1,0 a 1,5 × 1,5 m

Solos granulares: o bolbo

Ensaios de injeção em laboratório, em amostras de areia.



Bolbo formado na areia, visto do fundo do cilindro



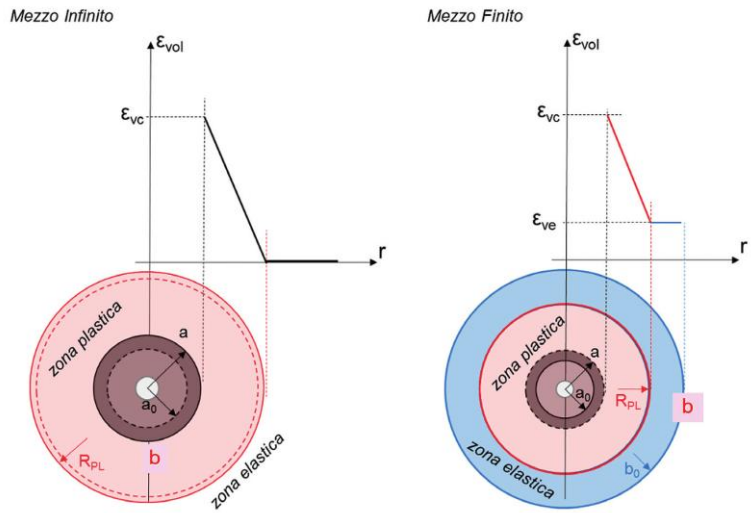
Aglomerado resina-areia extraído e medido



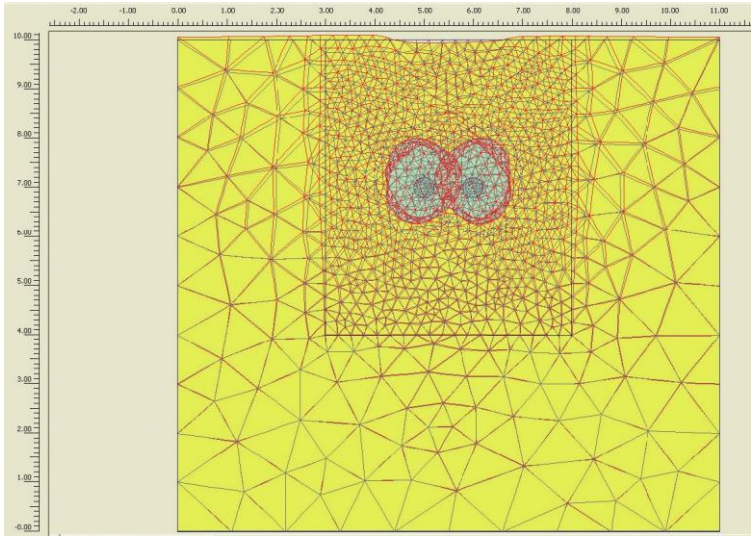
Secção do bolbo: resina pura no ponto de injeção, areia impregnada à volta

Modelo: expansão de cavidade

O bolbo comporta-se como uma cavidade esférica ou cilíndrica em expansão.



Zona plástica e zona elástica em torno do bolbo



Modelo numérico: duas injeções próximas e a deformação do solo

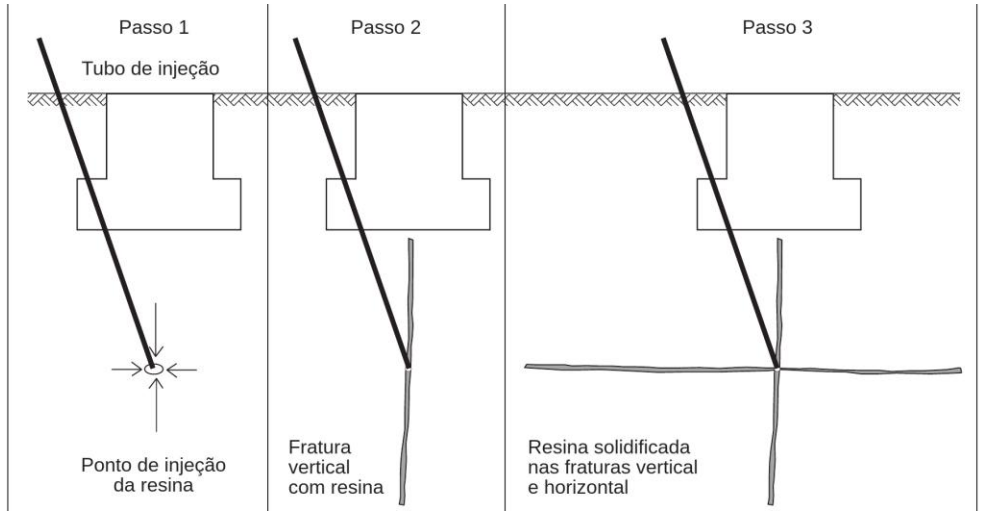
1 A resina entra nos vazios da areia e forma um bolbo

2 O bolbo cresce e empurra o solo à volta, que fica compactado (zona plástica)

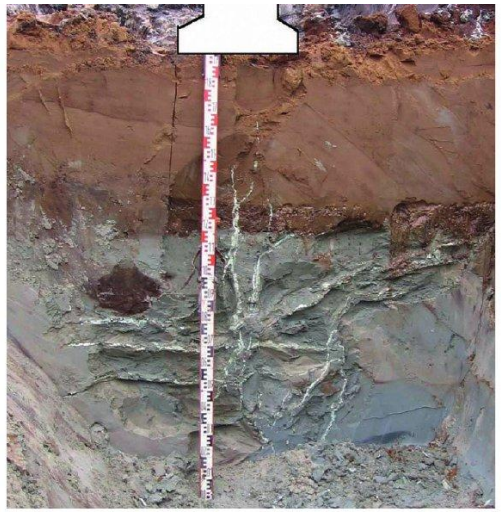
3 Mais longe o solo só se deforma (zona elástica); a expansão para quando o solo resiste

Solos finos: fraturação

Em siltes e argilas, a resina abre e preenche uma rede de fraturas.



Esquema: injeção, fratura vertical, fraturas verticais e horizontais



Campo de ensaio (TU Delft): fraturas preenchidas com resina

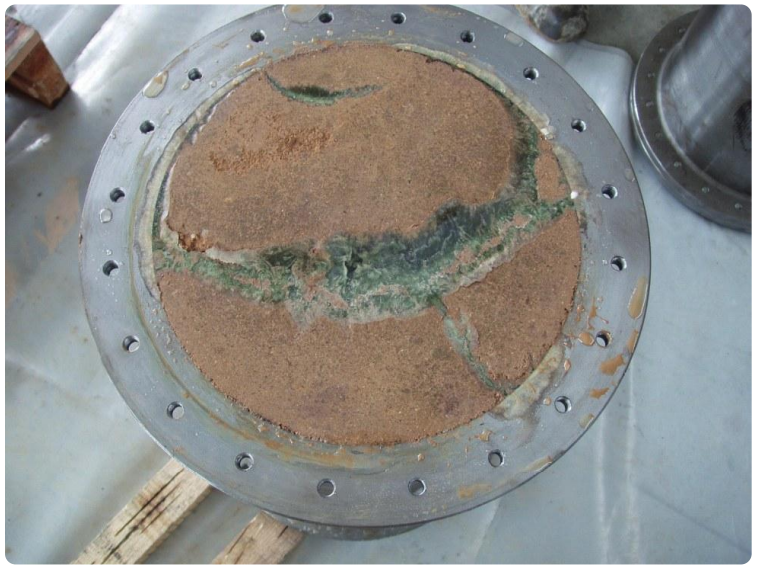
1 A 1.ª injeção abre uma fratura vertical: na argila, a tensão vertical é a maior

2 A resina empurra o solo para os lados e a tensão horizontal passa a ser a maior

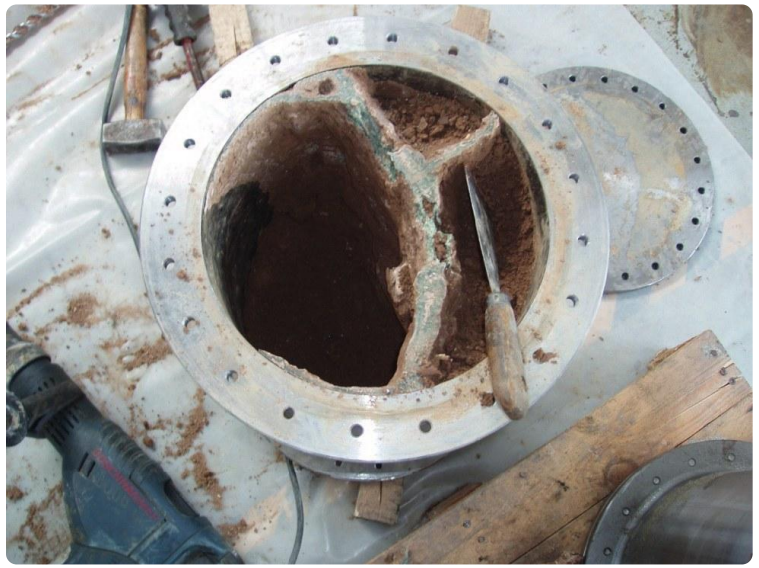
3 As injeções seguintes abrem fraturas horizontais, que consolidam e podem levantar

Argilas: ensaios de laboratório

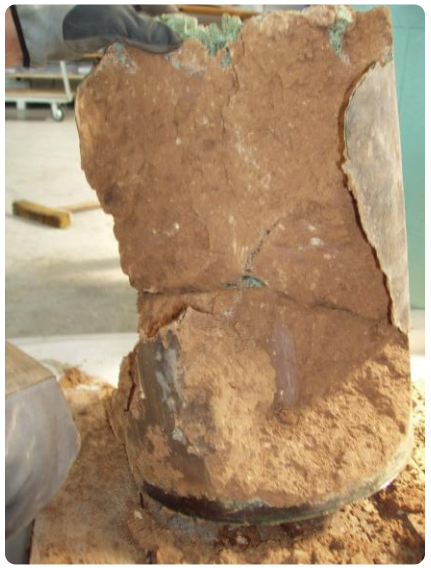
Em argila compactada a resina não forma bolbo: propaga-se por fraturas.



Fundo do cilindro: duas fraturas principais propagaram-se até ao fundo



Resina solidificada no interior das fraturas



Extração da resina da amostra

Efeitos no terreno tratado

Resultados verificados em ensaios antes e depois das injeções.

MECÂNICO

- Densificação: menor índice de vazios
- Maior coesão e ângulo de atrito
- Capacidade de carga recuperada ou aumentada
- Vazios preenchidos na interface solo-fundação

HIDRÁULICO

- Permeabilidade reduzida cerca de 50× em argila fissurada
- Água intersticial deslocada pela resina
- Menor risco de erosão de finos

RETRAÇÃO-EXPANSÃO

- Fissuras de retração preenchidas e seladas
- Menor teor em água e menor potencial de retração
- Complementar com controlo hídrico: drenagem, cinta estanque

Enquadramento normativo em Portugal

Normas e legislação aplicáveis ao projeto e à execução.

EN 12715

Referência	O que estabelece
NP EN 1997-1 (EC7) + Anexo Nacional	Projeto geotécnico; durabilidade dos materiais no terreno
NP EN 1998-1 e 1998-5 (EC8)	Ação sísmica: classe de terreno considerada antes do tratamento
Despacho Normativo 21/2019	Condições de utilização dos Eurocódigos em Portugal
EN 12715	Execução de injeções, com e sem deslocamento do terreno
EN ISO 22476	Ensaios de controlo: penetrómetro, CPT, pressiómetro
Portaria 255/2023	Conteúdo do projeto de execução em obras públicas
Avis Technique CSTB 3.3/18-966_V2	Avaliação técnica independente do processo (França), válida até 16/10/2029

Durabilidade e ambiente

DURABILIDADE

- Vida útil superior a 50 anos em condições geológicas normais
- 50 000 ciclos triaxiais dinâmicos
- Sem degradação por fungos e bactérias
- Resistente a agentes químicos, exceto ácidos concentrados

AMBIENTE

- Resíduo inerte; não perigoso (critério HP14)
- Menos de 2% da massa do solo tratado
- Não contém PFAS





Caso de obra – Subestação elétrica Algarve

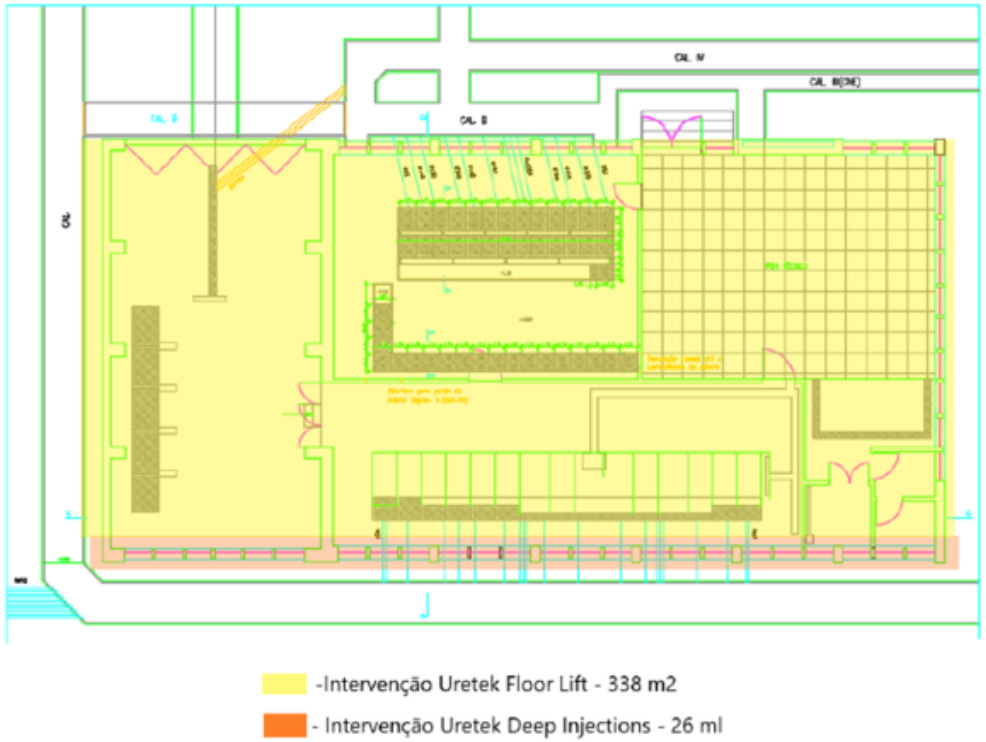
Projeto desenvolvido com a JETsj.

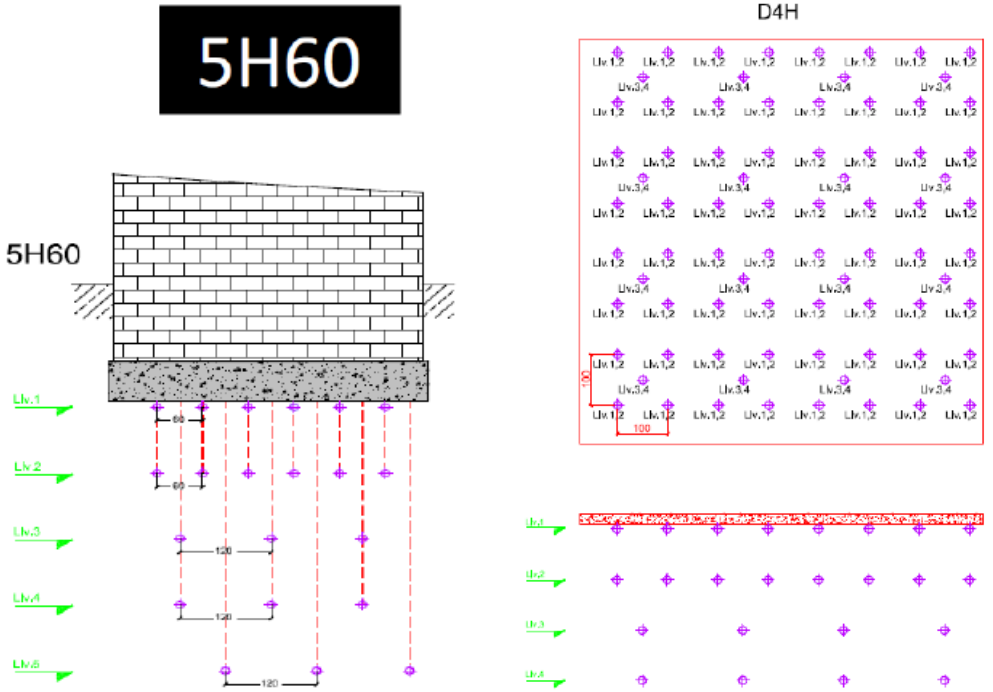
- **Projeto –** Subestação elétrica em Porto de Lagos (Algarve)
- **Problema –** Assentamentos diferenciais nas fundações, vazios sob os pavimentos e deformação dos mesmos
- **Solução –** Injeção de resinas expansivas (Deep Injections® e Floor Lift®)
- **Resultado –** Estabilização da estrutura e melhoria das condições do terreno



Substação – Dados da intervenção

Floor Lift® em 338 m² de pavimento e Deep Injections® em 26 m de fundação.





Esquemas de injeção: sob a fundação, em vários níveis, e sob o pavimento, em malha

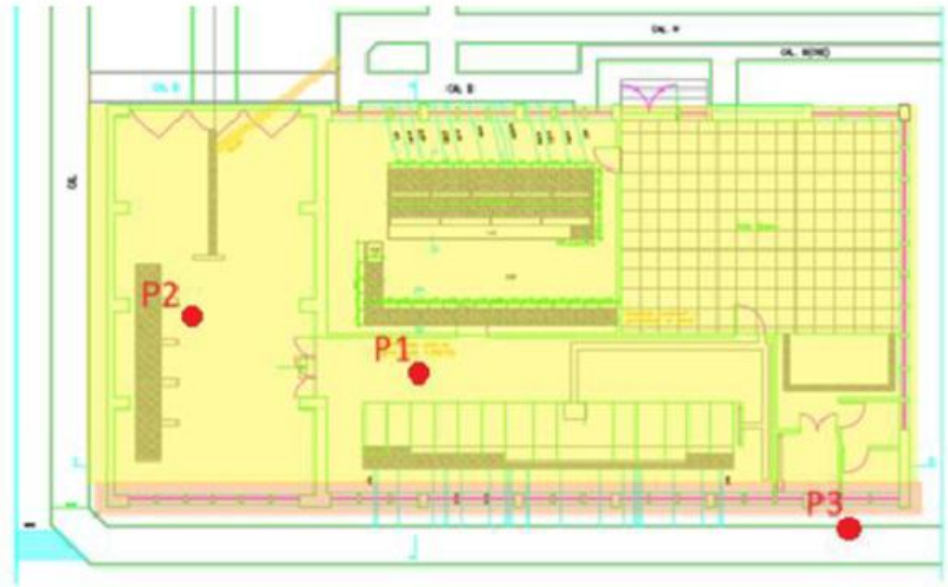
Substação – Condicionantes



- Múltiplas infraestruturas técnicas enterradas
- Cabos elétricos em zonas críticas de furação
- Formação específica da equipa (20 h) para a execução dos trabalhos
- Execução condicionada por limitações de acesso e segurança
- Adaptação em tempo real da estratégia de injeção

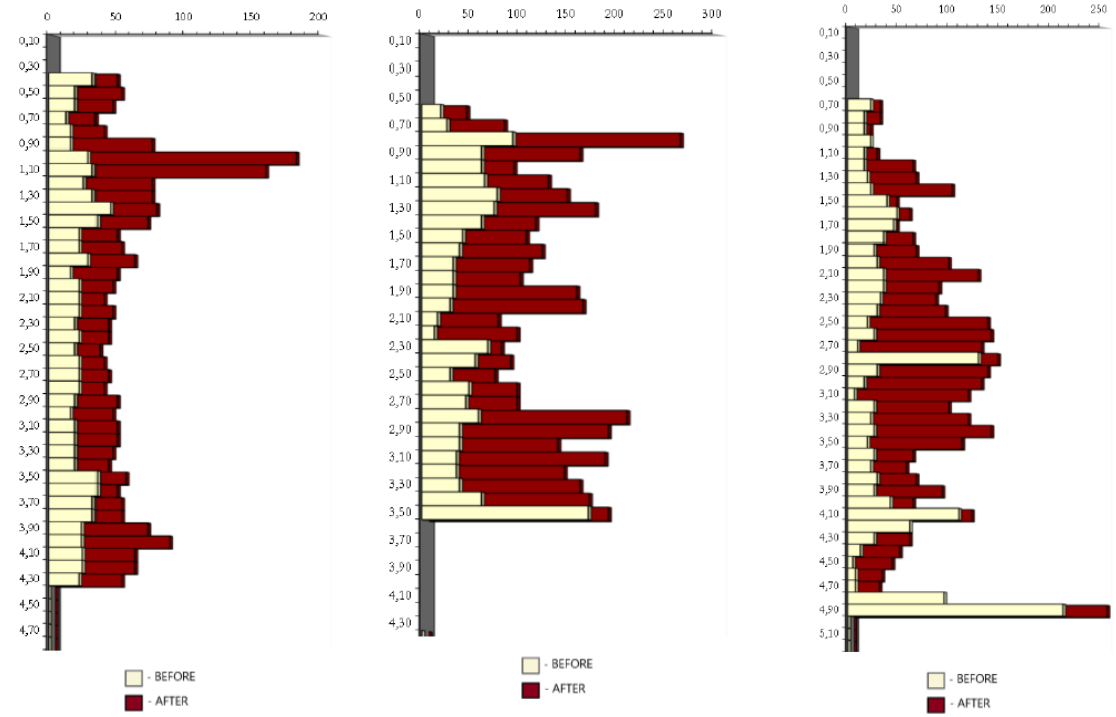
Substação – Resultados

Ensaios penetrométricos dinâmicos antes e depois da injeção.



P1, P2, P3: localização dos ensaios

Aumento da resistência à penetração em toda a profundidade tratada

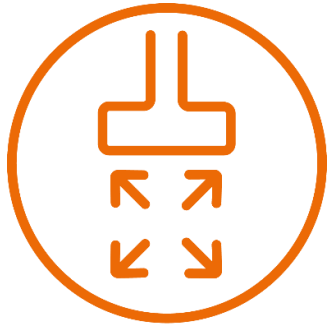


Antes (before, bege) e **depois** (after, vermelho) da injeção

Caso de obra – Edifício público - ISCTE

Falagueira, Amadora · caso apresentado no 19.º Congresso Nacional de Geotecnia (2026).

- **Projeto –** Edifício com mais de 50 anos, em reabilitação para residência universitária
- **Problema –** Fissuração associada a assentamentos diferenciais localizados
- **Solução –** Deep Injections® com difusão multiponto, em cerca de 35 m de fundação contínua
- **Resultado –** Levantamentos controlados de 0,5 a 1,5 mm e aumento da resistência nos ensaios DPM30



Consolidação do terreno de fundação

Amadora – Patologias e causas

Fissuração associada a assentamentos diferenciais localizados, concentrados numa fachada.







- Fundações superficiais antigas em alvenaria de pedra
- Aterros heterogéneos de baixa capacidade resistente
- Possível compactação deficiente do solo de fundação
- Lavagem de finos associada a infraestruturas enterradas

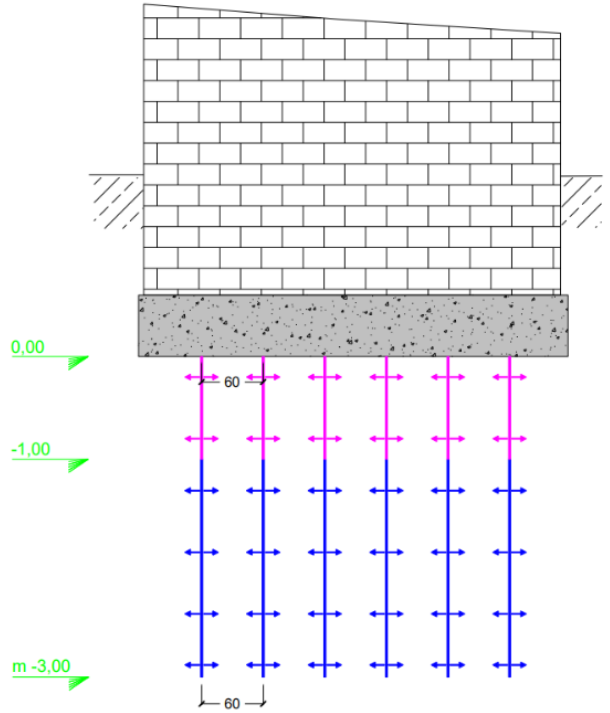
Amadora – Solução adotada

Deep Injections® com difusão multiponto, em cerca de 35 m de fundação contínua.

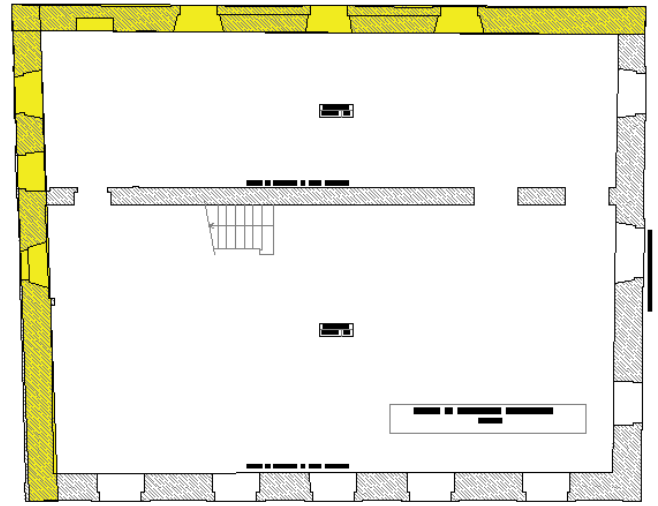
OBJETIVOS

- Preenchimento de vazios
- Compactação do solo
- Melhoria das condições de suporte
- Mitigação dos assentamentos diferenciais

Injeção em vários níveis, até cerca de 3 m de profundidade, sem escavação nem recalçamento tradicional.



Esquema indicativo da intervenção



Zona de intervenção (a amarelo)

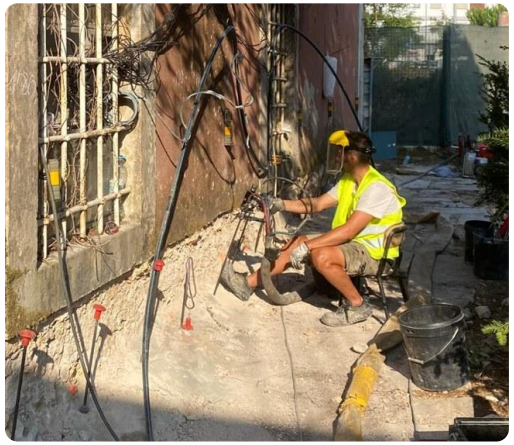
Amadora – Execução

Perfuração e instalação dos tubos de injeção





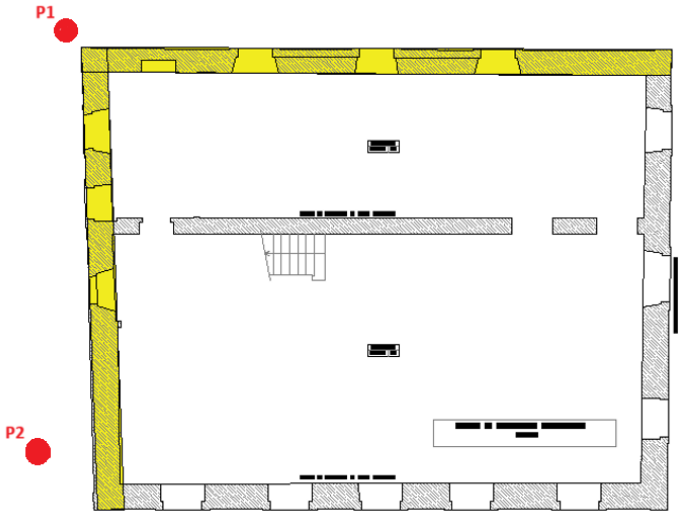
Injeção com monitorização laser em tempo real



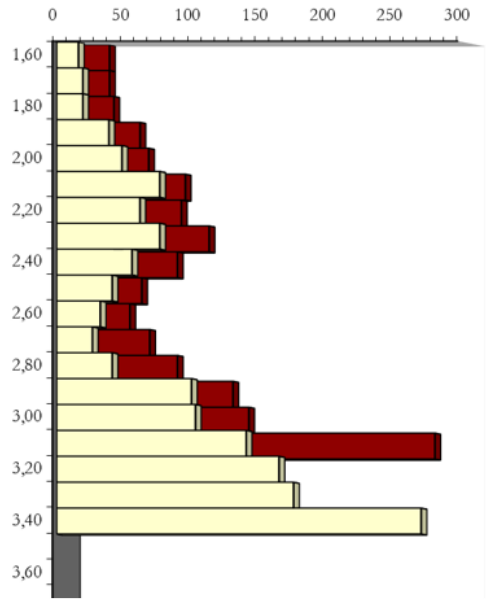


Amadora – Resultados

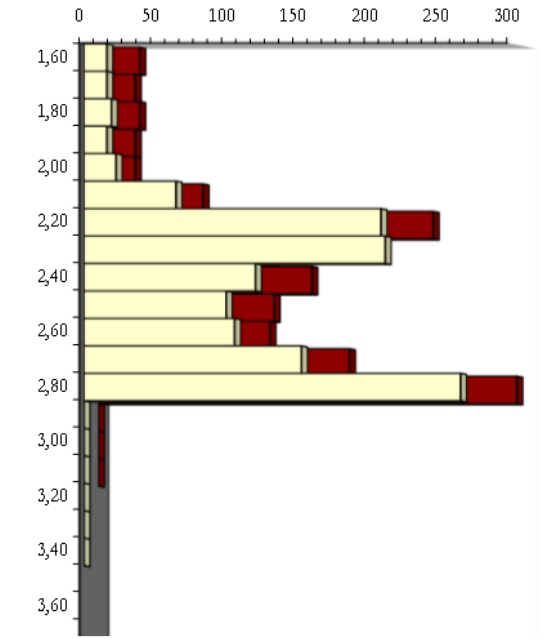
Ensaios DPM30 antes e depois das injeções, em duas zonas representativas.



Localização dos ensaios



EP1



EP2

- ANTES
- DEPOIS

Levantamentos controlados de 0,5 a 1,5 mm e aumento da resistência dinâmica após as injeções: evidência convergente da compactação do terreno e da melhoria das condições de suporte.

Caso de obra – Supermercado Continente

GaiaShopping, Vila Nova de Gaia – Cobelba SA

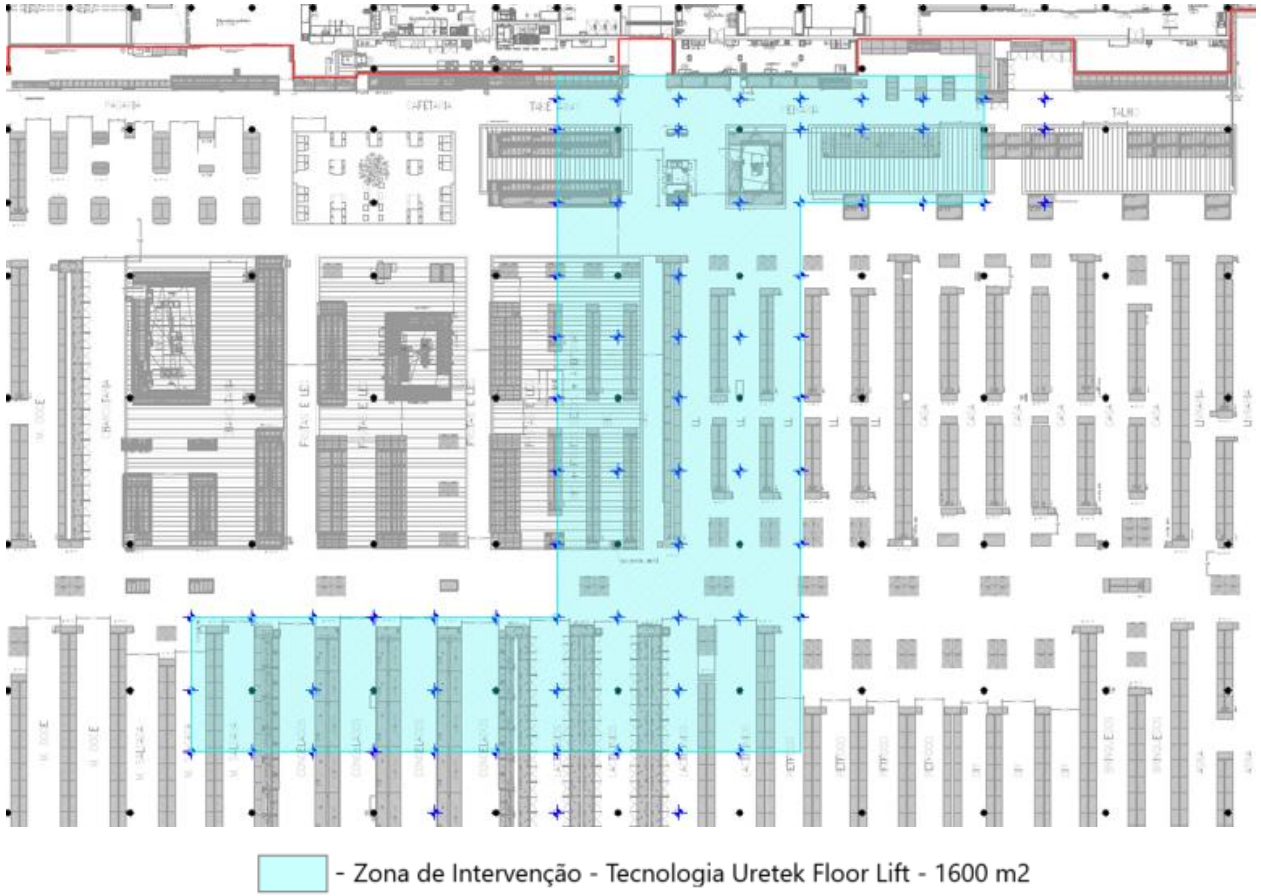
- **Projeto –** Pavimento térreo de um supermercado em funcionamento
- **Problema –** Assentamentos do pavimento, com fissuras, desníveis e vazios sob a laje
- **Solução –** Uretek Floor Lift®: preenchimento de vazios e consolidação do terreno sob a laje
- **Resultado –** Aumento da resistência dinâmica nos ensaios; obra concluída antes do prazo

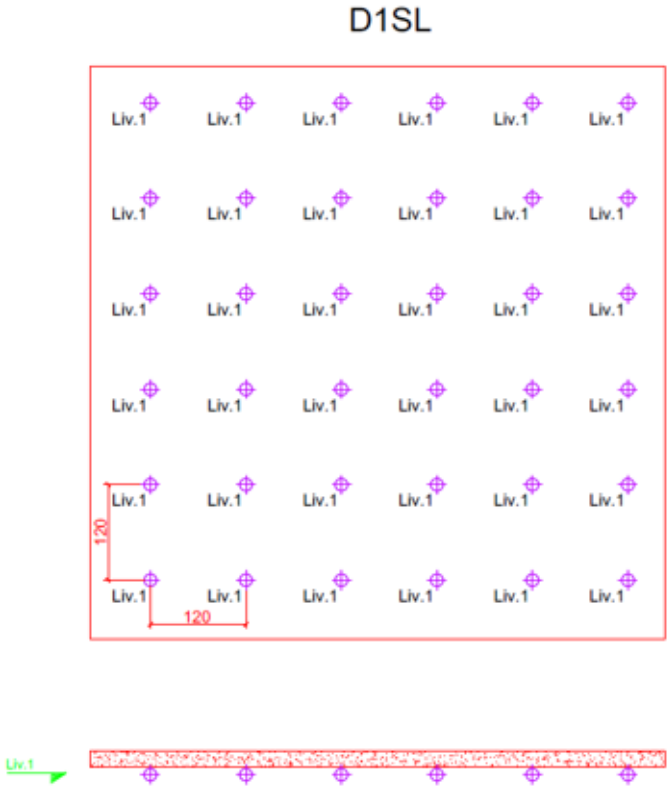


Estabilização e levantamento de pavimentos

Continente – Zona de intervenção

Uretek Floor Lift® em 1.600 m² de pavimento térreo.





Malha de 1,20 × 1,20 m
Ajustada às estantes e equipamentos

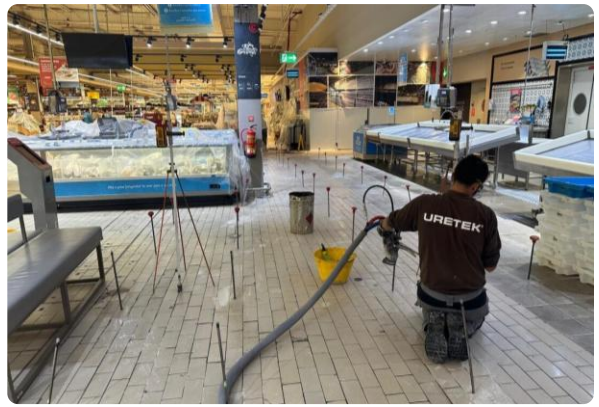
1 nível de injeção sob a laje

Continente – Execução e controlo

Intervenção num espaço comercial em funcionamento.

- Trabalho **noturno**, sem interromper a atividade da loja
- Malha de injeção **ajustada** ao mobiliário e equipamentos existentes
- Monitorização **laser em tempo real** durante as injeções
- Ensaios penetrométricos dinâmicos **antes e depois** da intervenção



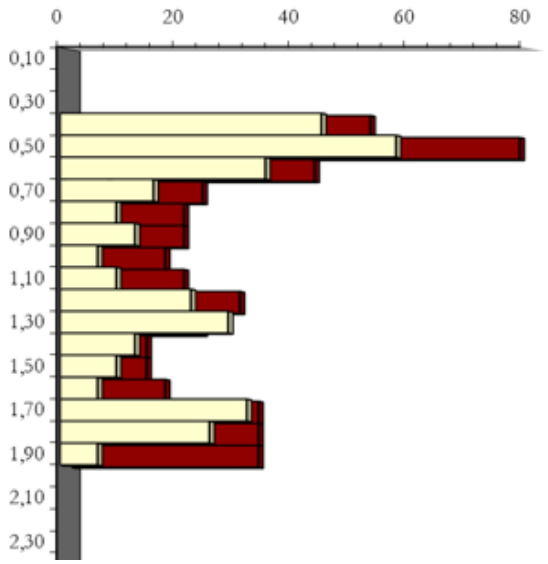




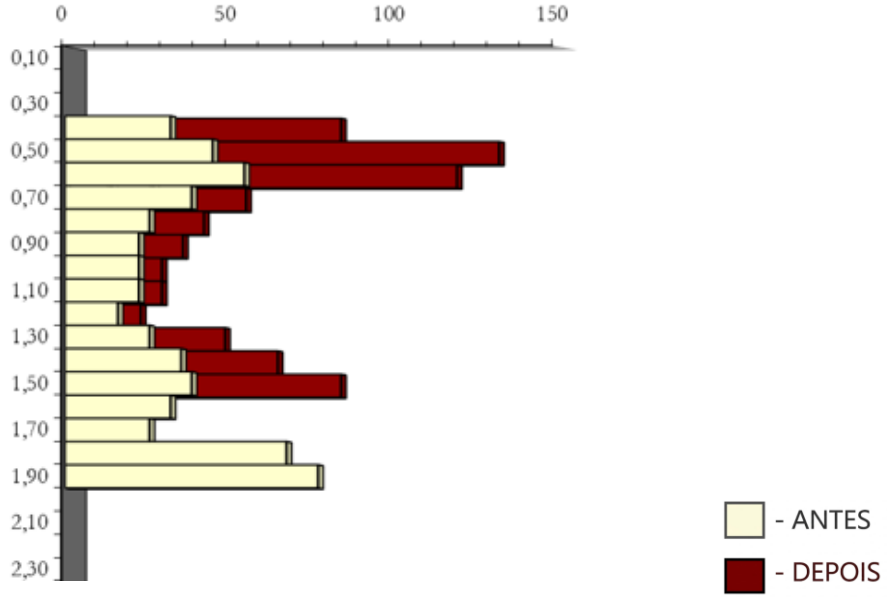


Continente – Resultados

Ensaios penetrométricos dinâmicos antes e depois das injeções.



Ensaio 1



Ensaio 2

Aumento da resistência dinâmica do terreno sob a laje após as injeções, com os maiores ganhos logo abaixo da laje.

Caso de obra – Muro de contenção

Penha de França, Lisboa · março de 2024 · Microanchors® Uretek

- **Projeto –** Muro de contenção com 15 m tratados e 1,80 m de altura de cálculo
- **Problema –** Deformações e fissuração, provavelmente associadas às raízes das árvores
- **Solução –** 10 Microanchors® numa fiada, com 3,5 m de comprimento, espaçados de 1,5 m
- **Verificação –** Estados limites últimos



Ancoragem de muros de contenção

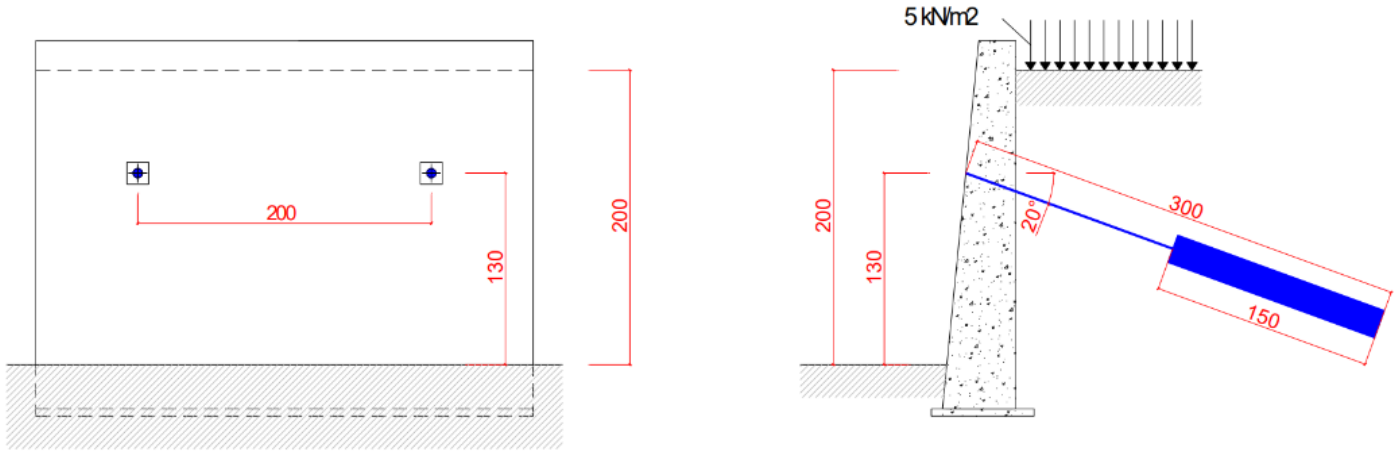
Muro – Pressuposto inicial

Hipóteses de partida para o dimensionamento das ancoragens.

PRESSUPOSTOS

- Muro com 2,00 m de altura
- Sobrecarga de 5 kN/m² no terrapleno
- Ancoragens a 1,30 m da base, a 20°
- Comprimento 3,00 m; bolbo 1,50 m
- Espaçamento horizontal de 2,00 m

Hipóteses de partida, anteriores ao dimensionamento final.



Esquema do pressuposto inicial: alçado (esquerda) e corte (direita)

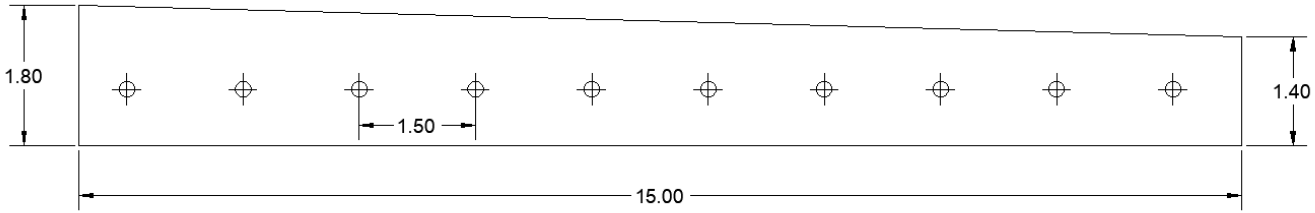
Muro – Solução executada

10 Microanchors® numa fiada, ao longo de 15 m de muro.

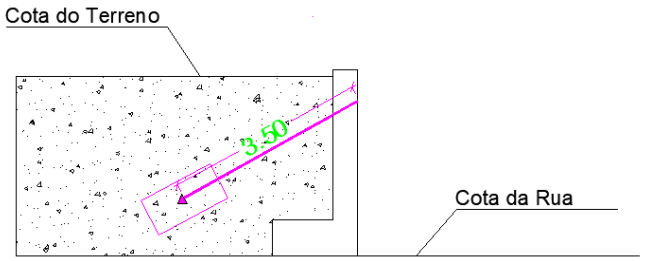
PRESSUPOSTO → EXECUTADO

- Altura: 2,00 → 1,80 m
- Espaçamento: 2,00 → 1,50 m
- Comprimento: 3,00 → 3,50 m
- Bolbo: 1,50 → 1,00 m
- Cabeça: 0,70 → 0,75 m do topo
- Inclinação: 20° (mantida)

Valores do cálculo de projeto.



Alçado com as 10 ancoragens (cotas em m)



Corte da ancoragem (3,50 m)

MICROANCHORS®

- Furação Ø26 mm
- Ancoragens ativas
- Pré-esforço de ≈ 10 kN
- Resina expansiva Geoplus®

Muro – Execução

Perfuração (Ø26 mm) e colocação dos cabos

Injeção da resina e ancoragem das cabeças





Aplicações em projeto

Situações em que o tratamento com resina expansiva pode ser avaliado como solução.

Situação de projeto	Tratamento	Objetivo
Edifícios com assentamentos diferenciais	Uretek Deep Injections® sob sapatas, maciços e ensoleiramentos	Recuperar a capacidade de carga; alternativa ou complemento ao recalçamento
Terrenos soltos ou compressíveis	Injeções de densificação, com tubos multifuros	Aumentar a densidade e a rigidez; reduzir o risco de liquefação
Túneis, galerias e cavidades	Uretek Cavity Filling® e preenchimento de vazios	Eliminar vazios e repor o contacto terreno-estrutura
Muros de suporte	Uretek Microanchors® (ancoragens ativas) e consolidação do tardoz	Estabilizar o muro
Pavimentos industriais – Vias comunicação	Uretek Floor Lift® e Uretek Deep Injections®	Estabilizar, preencher vazios e em alguns casos levantar à cota original

Como podemos apoiar em projeto

01 Estudo de viabilidade e pré-dimensionamento em fase de projeto

02 Apoio nas peças escritas e no caderno de encargos

03 Ensaio de campo num caso real, escolhido em conjunto

04 Visita técnica a uma obra URETEK em curso



Obrigado pela vossa atenção

Ricardo Val de Ovelha

+351 913 986 026 · ricardo.ovelha@uretek.pt

uretek@uretek.pt · www.uretek.pt

ORDEM DOS ENGENHEIROS TÉCNICOS

URETEK SMART GEOTECHNICS